

## TRANSLATION FROM JAPANESE

- 1  
2 (19) JAPANESE PATENT OFFICE (JP)  
3 (11) Unexamined Patent Application (Kokai) No. 63-115338 [i.e., 1988-115338]  
4 (12) Unexamined Patent Gazette (A)

	Classification	Internal Office
(51) Int Cl. <sup>4</sup> :	Symbols:	Registration Nos.:
8 H 01 L	21/302	A-8223-5F
9		B-8223-5F

- 10  
11 (43) Disclosure Date: May 19, 1988  
12 Request for Examination: Not yet submitted  
13 Number of Claims/Inventions: 2  
14 (Total of 5 pages [in original])  
15
- 

- 16 (54) Title of the Invention: Low Temperature Dry Etching Method and Device Therefor
- 17 (21) Application No. 61-260738 [i.e., 1986-260738]  
18 (22) Filing Date: November 4, 1986
- 19 (72) Inventor: Kazunori Tsujimoto C/o Hitachi Co., Ltd., Central Laboratory, 1-chome, 280-banchi,  
20 Higashi-koi-ga-kubo, Kokubu City, Tokyo
- 21 (72) Inventor: Shinichi Taji C/o Hitachi Co., Ltd., Central Laboratory, 1-chome, 280-banchi,  
22 Higashi-koi-ga-kubo, Kokubu City, Tokyo
- 23 (72) Inventor: Sadanori Okudaira C/o Hitachi Co., Ltd., Central Laboratory, 1-chome, 280-banchi,  
24 Higashi-koi-ga-kubo, Kokubu City, Tokyo
- 25 (71) Applicant: Hitachi Co., Ltd. 4-chome, 6-banchi, Kanda-surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo  
26 (74) Agent: Junnosuke Nakamura, Patent Attorney

SPECIFICATION

1

## 2 1. Title of the Invention

3 Low Temperature Dry Etching Method and Device Therefor

## 4 2. WHAT IS CLAIMED IS:

5 1. A low temperature dry etching method characterized by the fact that an etching gas and a gas  
6 which causes a thin film to form on a surface of a material to be etched are alternately guided after a set  
7 interval inside a vacuum container, the surface of said material to be etched is chemically processed at a set  
8 temperature in an excited plasma obtained from said gas or [in?] the aforementioned guided gas; and in this  
9 method, heat from a heater and low temperature cooling using a liquefied gas are used together in controlling  
10 a temperature of said material to be etched.

11 2. A low temperature dry etching device which is characterized by the fact of being equipped with a  
12 vacuum container, a sample plate on which a material to be etched is placed inside the container, a control  
13 device which alternately supplies an etching gas and a gas that causes a thin film to be formed on a surface of  
14 a material to be etched, a device which generates excited plasma obtained from said supplied gas, and a  
15 device which chemically processes the surface of said material to be etched at a set temperature; and this  
16 device is equipped with said sample plate device which uses heater heat and low temperature cooling using a  
17 liquefied gas together, and a circuit which causes an electrical signal inputted from a temperature sensor to be  
18 fed back to a heat control for said heater or a supply control for said liquefied gas.

19 3. A low temperature dry etching device which is recited in Claim 2 in the Specification and is  
20 characterized by the fact that for said heat, an electrically heating heater is used, and the voltage supplied  
21 thereto is made to be pulse voltage.

22 4. A low temperature dry etching device which is recited in Claim 2 in the Specification and is  
23 characterized by the fact that said liquefied gas uses liquid nitrogen, liquid ammonia,  
24 trichloromonofluoromethane ( $\text{CCl}_3\text{F}$ ) or liquid helium. [Note: Some of the formulas throughout the patent  
25 copy have illegible subscripts; whenever possible, the subscript numerals were reconstructed from the spelled  
26 out chemical name or context.]

## 27 3. Detailed Description of the Invention

## 1 (Field of Industrial Utilization)

2 The present invention relates to a fine processing technology for surfaces, and in particular, it relates  
3 to a low temperature dry etching method and a device therefor suitable in the anisotropic etching processing  
4 of semiconductor wafers.

## 5 (Prior Art)

6 As the degree of integration for semiconductor integrated circuits grows from LSI to VLSI, the  
7 dimensions of integrated devices becomes increasingly fine. When a resist image having a pattern 1  $\mu\text{m}$  or  
8 less is masked and the substance thereunder is etched, it is expected that the reaction product will be readily  
9 removed if a low pressure gas plasma is used, and that a fine pattern will be readily created with little trouble  
10 from the undercut if ion acceleration due to an electrical field such as in reactive etching is used.

11 While so-called dry etching which uses gas and not a bath is an indispensable technology in VLSI  
12 manufacturing, cooling the sample plate on which the sample is placed is a widely known technology to  
13 prevent alteration to the resist mask, and water cooling is the most general type of cooling; however, it has  
14 been announced in Nuclear Instruments and Methods 189 (1981) pp. 169 - 173 that gas has also been  
15 partially used. It is self-evident that the sample plate is cooled to a temperature below the 120 to 150° C at  
16 which the resist will be altered with either method, and the temperature control range is in the range of 20 to  
17 100° C. Further, prior art which prevents side etching has been disclosed in unexamined patent publication  
18 application 60-158627 [i.e., 1985-158627] in which the sample is cooled to below room temperature or more  
19 specifically, to minus 10° C or lower, using heat piping. In dry etching, while high energy particles, such as  
20 ions and electrons, and neutral particles such as radicals are simultaneously irradiated parallel to the surface  
21 of the sample, only the neutral particles irradiate onto the side walls of the pattern. In said prior art, when the  
22 sample is cooled to the low temperature of negative tens of degrees C, the reaction rate of the sample and the  
23 neutral particles drops remarkably, and etching ceases to occur on the side wall of the pattern; however, a  
24 pseudo-high temperature state is created in the extreme [edge of the] surface because high energy particles  
25 such as ions and electrons collide with the parallel surface, and the etching proceeds. Because of this,  
26 anisotropic etching with little side etching is achieved.

27 Also, there is technology in the invention disclosed in unexamined patent publication application 60-  
28 50923 [i.e., 1985-50923] in which an etching gas containing halogen element and a gas which causes a thin  
29 film to form on the surface of a material to be etched are alternately guided inside a vacuum container, thin

1 film formation and etching in the surface of the material to be etched in the plasma excited by these gases are  
2 alternately repeated while anisotropic etching is performed.

3 (Problems the Invention is Intended to Solve)

4 In addition to the time to etch the surface of the material to be processed, time is required to form a  
5 thin film in the surface, so said prior art had a tendency to increase the processing time. When said prior art  
6 was implemented, heat piping was used as a cooling device, so the tolerance range of the temperature was  
7 narrow. For example, the temperature control range for heat piping using liquid nitrogen is roughly - 203 to -  
8 160° C. Practically, however, it is desirable to set the temperature optimally for each material and etching gas  
9 in a range of 0 to - 200° C [sic, the order is reversed here from a higher number to a lower one].

10 The present invention was made to solve said problem; the object thereof is to offer a low  
11 temperature dry etching device and a method therefor in which the material to be processed is cooled to a low  
12 temperature of 0° C, or preferably to - 50° C or lower, enhancing the thin film formation ratio, the thin film  
13 formation time is reduced, the number of repeat cycles for thin film formation is decreased through effects  
14 that prevent side etching with a low temperature, the low temperature range to correspond to etching  
15 conditions is widened, and a sample plate is provided on which the sample can be set to the desired  
16 temperature range.

17 (Means to Solve the Problems)

18 It is possible to achieve said object with a circuit which controls the temperature of the sample plate  
19 using a device that uses both a heating heater and cooling by a liquefied gas; and [with?] a low temperature  
20 dry etching method which, as a means to cool the material to be etched to a range from 0 to - 200° C and to  
21 guide an etching gas and a gas for thin film formation inside a vacuum container, is executed via a device  
22 which sets the timing to automatically open and close a gas line valve.

23 (Effects)

24 By setting said temperature range of a material to be etched with a good arbitrary precision, the  
25 constituent particles of the film are readily adsorbed in the surface of the material to be etched, the reaction  
26 efficiency of the side walls of the pattern and the neutral radicals which are a cause of side etching drops, and  
27 the vapor pressure of the reaction products drops simultaneously. Due to these synergistic effects, the  
28 production rate of thin film increases, and the amount of side etching decreases. More specifically, even if a

1 reduction in the thin film production time is provided for by increasing the rate of the thin film production,  
2 the side etching can be controlled.

3 (Embodiments of the Invention)

4 The present invention is described below using embodiment devices. Fig. 1 is a summary description  
5 drawing which indicates an embodiment of low temperature dry etching using an RIE (reactive ion etching  
6 device) pertaining to the present invention; a processing chamber 1 is a load lock type; condensation on the  
7 sample plate due to moisture in the atmosphere is prevented by mutually separating a sample exchange  
8 chamber 2 and a gate valve 3. 4 is a processing gas supply opening; 24 is a control device which sets the  
9 timing by which a gas line valve automatically opens and closes and which must alternately guide a gas for  
10 thin film formation and an etching gas into a reaction container; 7 is a sample plate into which a liquefied gas  
11 10 is guided; for a heating heater, an electric heater is used, and a temperature sensor 18 is disposed. 17 is a  
12 Teflon plate; 19 is a temperature gauge; 20 is insulation; and 21 is a liquefied gas container. Sample plate 7 is  
13 made of copper in the present embodiment to enhance the cooling efficiency of a material to be etched 8, and  
14 other than a portion on which material to be etched 8 is placed, sample plate 7 is covered with a quartz cover  
15 6 to prevent contamination due to copper sputtering. The surface of quartz cover 6 is cooled, and in order to  
16 prevent the reaction gas and reaction products from adhering, it is favorable for the thickness of quartz cover  
17 6 to be at least 5 mm; when this could not be attached, there was trouble with the control of the gas pressure  
18 because at  $-150^{\circ}\text{C}$  and lower, electrodes work as a trap for  $\text{SF}_6$  gas. Depending on the conditions of the  
19 embodiment, quartz cover 6 can be substituted with a Teflon cover, and a metal O-ring 5 is used for the  
20 vacuum seal portion to which the inside of sample plate 7 and processing chamber 1 contact, retaining a seal.  
21 A pulse voltage was used for the voltage supplied to electric heater 9, and the pulse interval was set to a range  
22 between 0.1 and 60 seconds depending on the set temperature of sample plate 6 [sic]. An output signal from a  
23 temperature sensor 18 is transmitted to a heater power source 12 or a gas supply control system 23 via a  
24 feedback circuit 22, and the heating and cooling of sample plate 7 are controlled. Through this, it was  
25 possible to control the temperature of sample plate 7 to  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  of the set value. Sample exchange chamber 2  
26 performs the preparatory cooling of material to be etched 8 before conveyance to processing chamber 1 and  
27 the heating of material to be etched 8 after processing. A quartz plate 16 (substitution with Teflon is also  
28 possible) is provided at the surface of sample plate 13 which contacts material to be etched 8 in sample  
29 exchange chamber 2. A gas cooled by liquid nitrogen is guided from a cooling gas supply opening 14, and  
30 material to be etched 8 is cooled. The flow volume of the cooling gas was slowly increased in order to not  
31 inflict damage on material to be etched 8, and [material to be etched 8? Literally, the sentence reads "the flow  
32 volume"] was gradually cooled until it reached the temperature of sample plate 7 in processing chamber 1.

1 After processing, material to be etched 8 is again conveyed to the top of sample plate 13, and a heating lamp  
2 15 raises the temperature until it reaches room temperature.

3 In the above device, the temperature of the Si material to be etched was set at  $-80^{\circ}\text{C}$ , the etching  
4 gas used was  $\text{SF}_6$ ,  $\text{CCl}_4$  was used as a gas for film formation; the set times for one cycle of the  $\text{SF}_6$  and  $\text{CCl}_4$   
5 were 40 seconds and 5 seconds respectively; the results of implementing etching processing in five cycles for  
6 a total of 225 seconds were that the etching depth was  $1\text{ }\mu\text{m}$  and the amount of side etching was  $0.1\text{ }\mu\text{m}$  or  
7 less. In order to obtain results similar to those mentioned above without cooling the material to be etched, the  
8 time for one cycle each of both  $\text{SF}_6$  and  $\text{CCl}_4$  to 20 was made seconds, and a total etching processing time of  
9 480 seconds in 12 cycles was required. More specifically, an etching gas and a gas for film production were  
10 guided alternately, and by cooling the material to be etched, the present embodiment was able to reduce the  
11 processing time roughly 47%.

12 Next, the cooling temperature of sample plate 7 was changed to a range of 0 to  $-150^{\circ}\text{C}$ , and the Si  
13 etching forms were compared. Fig. 3 is a characteristics drawing indicating the relationship between the  
14 amount of side etching and the temperature of the sample plate; a tendency was seen wherein the side etching  
15 decreased remarkably at temperatures less than roughly  $-80^{\circ}\text{C}$ ; the amount of side etching at  $-100^{\circ}\text{C}$   
16 decreased to  $0.05\text{ }\mu\text{m}$  or less. Also, there is an unfavorable drop in the etching proportion identified at  $-120^{\circ}\text{C}$   
17 and lower. From these results, it can be seen that the optimal etching temperature in the present  
18 embodiment is from  $-100$  to  $-120^{\circ}\text{C}$ .

19 When  $\text{SiCl}_4$  was used in place of  $\text{SF}_6$  for the etching gas in the embodiment device in Fig. 1,  $-80$  to  
20  $-100^{\circ}\text{C}$  was the optimal temperature, and the amount of side etching was roughly  $0.05\text{ }\mu\text{m}$  or less.

21 Also, in the embodiment device in Fig. 1, when W was used for the material to be etched, effects  
22 were seen where the amount of side etching decreased from  $-20^{\circ}\text{C}$ , and the range of  $-40$  to  $-80^{\circ}\text{C}$  was an  
23 optimal temperature.

24 While to an extent, Al,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , Mo, Ti, Ta, photo resist and other materials each have  
25 differences as materials to be etched, effects of controlling the side etching due to cooling were identified[.]

26 When liquid helium was used in place of liquid nitrogen for the cooling liquefied gas in the  
27 embodiment device in Fig. 1, the cooling efficiency was high, and it was possible to cool the sample plate in  
28 a shorter time than with liquid nitrogen. Additionally, gases such as liquid ammonia and  
29 trichloromonofluoromethane may be used.

Fig. 2 indicates another embodiment of the present invention; it is an embodiment device in which microwave plasma etching was used; and the items to which symbols that are the same as those in the embodiment in Fig. 1 have equivalent functions thereto. Microwaves excited with a magnetron 25 are guided into a wave guide tube 26, and plasma is generated inside processing chamber 1. Through ECR (electron cyclotron resonance) effects, magnetron 27 works to enhance the excitation efficiency. A device having the construction mentioned above is used to etch Si; the gas supply times for one cycle each of  $\text{SF}_6$  and  $\text{CCl}_4$  were set to 20 seconds and 3 seconds respectively. The ionization efficiency due to the present device were high; the density of activated species was high compared to that in the embodiment device in Fig. 1, so an etching amount was obtained with a thickness of 1  $\mu\text{m}$  in a total processing time of 92 seconds in four cycles. When cooling was not used, the processing times for one cycle were 20 seconds each, and an equivalent amount of etching was obtained by repeating this four times at 160 seconds, so the total processing time was reduced to 58%. Using the present device, the amount of side etching was 0.05  $\mu\text{m}$  or less when etching was done on Si using  $\text{SF}_6$  gas in a temperature range of  $-80$  to  $-120^\circ\text{C}$ .

For the heating heater in the present embodiment, an electric heater was used, but there is no hindrance to using a heater using a different heat source.

#### (Effects of the Invention)

According to the embodiments of the present invention, remarkable effects are indicated such as that it is possible to set the optimal temperature of the processing gas and material to be etched to a wide range, results were identified wherein the etching processing time was reduced and the side etching was controlled, and the precision of fine processing was improved.

#### 4. Brief Description of the Figures

Fig. 1 is a summary description drawing of a low temperature dry etching device that indicates an embodiment pertaining to the present invention; Fig. 2 is a summary description drawing of another embodiment pertaining to the present invention; Fig. 3 is a characteristics drawing indicating relationships between the temperature of a sample plate and the amount of side etching.

1 ..... processing chamber  
3 ..... gate valve  
5 ..... O-ring

2 ..... sample exchange chamber  
4 ..... processing gas supply opening  
6 ..... quartz cover

- 7 ..... sample plate
- 9 ..... electric heater
- 11 .... RF power source
- 13 .... sample plate
- 15 .... heating lamp
- 17 .... Teflon plate
- 19 .... temperature gauge
- 21 .... liquefied gas container
- 23 .... liquefied gas supply control system
- 25 .... magnetron
- 27 .... magnet
- 8 ..... material to be etched
- 10 .... liquid nitrogen
- 12 .... heater power source
- 14 .... cooling gas supply opening
- 16 .... quartz plate
- 18 .... temperature sensor
- 20 .... insulation
- 22 .... feedback circuit
- 24 .... reaction gas opening and closing control system
- 26 .... wave guide tube
- 100 .. plasma

1

2

Representative Junnosuke Nakamura, Patent Attorney

3

4 [Figures]

5 Fig. 1

6 Fig. 2

7 Fig. 3

8 [x-axis] Sample plate temperature (° C)

9 [y-axis] Amount of Si side etching (μm)

10



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-115338

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)5月19日

H 01 L 21/302

A-8223-5F

B-8223-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑮ 発明の名称 低温ドライエッチング方法及びその装置

⑯ 特 願 昭61-260738

⑰ 出 願 昭61(1986)11月4日

⑱ 発 明 者 辻 本 和 典 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 田 地 新 一 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 奥 平 定 之 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 中村 純之助

明 細 書

## 1. 発明の名称

低温ドライエッチング方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 真空容器内に、エッチングガスと被エッチング材表面に膜層を形成させるガスとを、それぞれ所定時間おきに交互に導入し、前記導入ガス若しくは該ガスから得られた励起プラズマ中で前記被エッチング材表面を所定の速度で化学処理するドライエッチング方法において、前記被エッチング材の温度制御には液化ガスを用いた低温冷却とヒータによる加熱を併用することを特徴とする低温ドライエッチング方法。

2. 真空容器と、この容器内に被エッチング材を載置する試料台と、被エッチング材表面に膜層を形成させるガスとエッチングガスとをそれぞれ所定時間おきに交互に供給制御する装置と、前記供給ガスから得られた励起プラズマを発生する装置と、前記被エッチング材表面を所定の

温度で化学処理する装置とを備える低温ドライエッチング装置において、液化ガスを用いた低温冷却とヒータ加熱を併用した前記試料台装置と、前記液化ガスの供給制御及び前記ヒータの加熱制御に、温度センサから入力される電気信号をフィードバックさせる回路とを備えていることを特徴とする低温ドライエッチング装置。

3. 前記加熱は電熱ヒータを使用し、これに対する供給電圧はパルス電圧とすることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の低温ドライエッチング装置。

4. 上記液化ガスは液体窒素、液体アンモニア、トリクロロモノフルオロメタン(CCl<sub>3</sub>F)若しくは液体ヘリウムを使用することを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の低温ドライエッチング装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は表面の微細加工処理技術に係り、特に半導体ウエハの異方性エッチング加工に好適な低

特開昭63-115338(2)

湿ドライエッチング方法とその装置に関する。

(従来の技術)

半導体集積回路がLSIから超LSIと集積度が大きくなるにつれ、集積されるデバイスの寸法はますます微細化する。1 $\mu$ m以下のパターンを有するレジスト像をマスクにして、その下の物質をエッチングする場合に、低圧のガスプラズマを用いれば反応生成物の除去も容易となり、かつ反応性エッチングにおけるような、電界によるイオンの加速を利用すればアンダカットの問題も少なく、微細パターンの作成が容易になることが期待される。

溶液を用いずにガスを使用する所謂ドライエッチングは、超LSI製造には不可欠の技術であるが、レジストマスクの剥離を防止するために、試料を載置する試料台を冷却することは公知技術として知られており、冷却には水冷が最も一般的であるが、一部にはガスも利用され、ニュークリアインストルメンツ アンド メソッド(Nuclear Instruments and Methods 180(1981)P169-173)に

発表されている。これはいずれもレジストが剥離する120~150℃以下の温度に試料台を冷却することが自明であり、温度制御範囲は20~100℃の範囲内にある。さらにまた試料をヒートパイプを用いて室温以下すなわちマイナス数10℃以下の温度に冷却してサイドエッチングを防止する先行技術が、特開昭60-158627号発明として開示されている。ドライエッチングにおいては、試料の水平面にイオンや電子等の高エネルギー粒子と、ラジカル等の中性粒子が同時に入射する一方、パターン側壁には中性粒子だけが入射する。上記先行技術は、試料をマイナス数10℃の低温に冷却すると、試料と中性粒子との反応速度は著しく低下し、パターン側壁はエッチングされなくなるが、水平面に対してはイオンや電子等の高エネルギーの粒子が衝突するため、ごく表面に微細な凹状態が作られてエッチングが進行する。これによりサイドエッチングの少ない異方性エッチングが達成されるというものである。

また特開昭60-50923号発明として開示されて

- 3 -

いる発明中には、ハロゲン元素を含むエッチングガスと被エッチング材表面に薄膜を形成させるガスとを真空容器内に交互に導入し、これらのガスから励起したプラズマの中で、被エッチング材表面に対するエッチング及び薄膜形成を交互に繰り返しながら、異方性エッチングを実施する技術が含まれている。

(発明が解決しようとする問題点)

上記従来技術は、被処理材表面をエッチングする時間に加えて、その表面に薄膜を形成する時間が必要で、このため処理時間が増加する傾向があった。また上記先行技術を実施する場合において、冷却装置としてはヒートパイプを使用しており温度の許容範囲が狭かった。例えば液体窒素を用いたヒートパイプの場合の温度制御範囲は、概ね-203~-160℃である。しかし実用的には0~-200℃の範囲で各材料及びエッチングガスに対して最適な温度を設定することが望ましい。

本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、被処理材を0℃、好ましくは-50℃以

- 4 -

下の低温に冷却して薄膜形成効率を高め、薄膜形成時間の短縮を図ると共に、低温によるサイドエッチング防止効果によって、薄膜形成のための繰返しサイクルを減少させ、エッチング条件の變化に対応する低温の温度領域を拡げて、試料を所望の温度範囲に任意設定することが可能な試料台を備えた低温ドライエッチング装置とその方法を提供することを目的としている。

(問題点を解決するための手段)

上記の目的は、還元ガスによる冷却と加熱ヒータを併用する装置によって試料台温度を制御する回路と、被エッチング材を0~-200℃の範囲に冷却すると共に、エッチングガス及び薄膜形成用ガスを真空容器内へ交互導入する手段としては、ガスラインバルブの自動開閉のタイミングを設定する装置を備出して行なう低温ドライエッチング方法によって達成が可能である。

(作用)

被エッチング材を上記の温度範囲に、任意に精度よく設定して冷却することにより、被エッチン

特開昭63-115338(3)

リ材表面に被膜の組成粒子が吸着しやすく、またサイドエッチングの原因となる中性ラジカルとパターン側面との反応効率が低下し、同時に反応生成物の蒸気圧が低下する。これらの相乗作用によって、薄膜の生成速度が増加し、サイドエッチング量が減少する。すなわち薄膜生成速度の増加によって、薄膜生成時間の短縮を図っても、サイドエッチングを抑制することが可能となるものである。

#### (実施例)

本発明を一実施例装置によって以下に説明する。第1図は本発明に係るRIB（反応性イオンエッチング装置）を使用した低圧ドライエッチングの一実施例を示す概要説明図であって、処理室1はロードロック式になっており、試料交換室2とゲートバルブ3によって相互に分離することにより、大気中の水分による試料台の結露を防止している。4は処理ガス供給口、24はエッチングガス及び薄膜形成用ガスを反応容器内へ交互導入すべく、ガスラインバルブの自動開閉のタイミング時間を設

定制御する装置、7は試料台で、その内部に液体窒素10を導入し、加熱ヒータは電熱ヒータ9を用い温度センサ18を配置している。17はテフロン製台、19は温度計、20は絶縁物、21は液化ガスである。試料台7は、被エッチング材8の冷却効率を高めるために本実施例では銅製を用い、銅のスバッタによる汚染を防止するため、被エッチング材8を載置する部分以外は石英カバー6で被覆されている。石英カバー6の表面が冷却されて、反応ガスや反応生成物が付着するのを防止するために、石英カバー6の厚さは5mm以上が好ましく、これを取付けない場合は、 $-150^{\circ}\text{C}$ 以下では電圧がSP。ガスに対するトラップとして働くため、ガス圧力の制御が困難であった。また実施条件によっては石英カバー6はテフロンカバーによる代用が可能で、試料台7内部と処理室1とが接触する真空シール部分は金属製のリング5を使用して気密を保持している。電熱ヒータ9への供給電圧はパルス電圧を使用し、パルス間隔は試料台8の設定温度によって0.1~60秒の範囲に設定

- 7 -

した。また温度センサ18からの出力信号をフィードバック回路22を経由して、ヒータ用電源12及びガス供給制御系23に送信し、試料台7の加熱、冷却の制御を行なっている。これにより、試料台7の温度を設定値 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ に制御することができた。試料交換室2は処理室1へ搬送する前の被エッチング材8の予備冷却及び処理後の被エッチング材8の加熱を行なう。試料交換室2の被エッチング材8と接触する試料台13の面には、石英台16（テフロンによる代用も可能）を設けている。冷却ガス供給口14からは液体窒素によって冷却されたガスが流入し、被エッチング材8を冷却する。被エッチング材8に損傷を与えないために、冷却ガスの流量を徐々に増加し、処理室1の試料台7の温度に達するまで徐々に冷却した。処理後の被エッチング材8は、再び試料台13上に搬送され、加熱用ランプ15によって空温にまで昇温される。

上記の装置において、被エッチング材81に対して温度を $-80^{\circ}\text{C}$ に設定しエッチングガスはSP。、被膜形成用ガスとしてCCA。を使用し、SP。と

- 8 -

CCA。の1サイクル中の設定時間をそれぞれ40秒及び5秒とし、5サイクルで合計225秒のエッチング処理を実施した結果は、エッチング深さ $1\mu\text{m}$ 、サイドエッチング量は $0.1\mu\text{m}$ 以下であった。一方被エッチング材を冷却せずに上記と同様の結果を得るためには、SP。、CCA。の1サイクル設定時間をそれぞれ共に20秒とし、12サイクルで合計480秒のエッチング処理時間を必要とした。すなわちエッチングガスと被膜形成用ガスを交互に導入して、被エッチング材を冷却することにより、本実施例では処理時間を概ね47%短縮することができた。

次に試料台7の冷却温度を $0\sim-150^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させて、81のエッチング形状を比較した。第9図は試料台の温度とサイドエッチング量の関係を示す特性図で概ね $-80^{\circ}\text{C}$ 以下の温度で顕著なサイドエッチングの減少傾向が見られ、 $-100^{\circ}\text{C}$ におけるサイドエッチング量は $0.05\mu\text{m}$ 以下に減少した。また $-120^{\circ}\text{C}$ 以下ではエッチング割合の低下が認められ好ましくない。この結果から本実施

- 9 -

- 193 -

- 10 -

特開昭63-115338(4)

例における最適エッチング温度は $-100 \sim -120^\circ\text{C}$ であることがわかる。

第1図の実施例装置においてエッチングガスはS.F.<sub>6</sub>に代えてSiCl<sub>4</sub>を使用したところ、 $-80 \sim -100^\circ\text{C}$ を最適温度とし、サイドエッチング量は概ね $0.05 \mu\text{m}$ 以下に減少した。

また第1図の実施例装置において被エッチング材にWを使用した場合には、 $-20^\circ\text{C}$ からサイドエッチング量の減少効果が見られ、 $-40 \sim -80^\circ\text{C}$ の範囲が最適の温度であった。

その他の被エッチング材では、Al、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Mo、Ti、Ta、ホトレジスト等の材料についても、それぞれ程度の相違はあるが、冷却によるサイドエッチング抑制の効果が認められた。

また第1図の実施例装置において冷却用液化ガスを、液体窒素に代えて液体ヘリウムを使用した場合は冷却効率が高く、液体窒素よりも短時間で試料台を冷却することができた。その他液体アンモニア、トリクロロモノフルオロメタン等のガスについても実用が可能である。

第2図は本発明の他の実施例を示し、マイクロ波プラズマエッチングを使用した実施例装置で、第1図実施例と同じ符号を付したものは、同等の機能を有するものである。マグネトロン25で励起されたマイクロ波は、導波管26に導かれ処理室1内でプラズマを発生させる。マグネット27はECR（電子サイクロトロン共鳴）作用によって、励起効率を高める働きをする。上記の構成を有する装置を使用してSiのエッチングを実施し、S.F.<sub>6</sub>、CCl<sub>4</sub>の1サイクルのガス供給時間はそれぞれ20秒、3秒に設定した。本装置によるとイオン化効率が高く、第1図実施例装置に比較して活性種の密度が高いため、4サイクル合計処理時間97秒で $1 \mu\text{m}$ の深さのエッチング量が得られた。冷却しない場合は、1サイクルの処理時間はそれぞれ20秒とし、これを4サイクル繰り返すことにより180秒で同等のエッチング量が得られたので、合計の処理時間は58%に短縮された。なお本装置を使用してS.F.<sub>6</sub>ガスによりSiに対して $-80 \sim -120^\circ\text{C}$ の温度範囲でエッチングしたときのサイドエッチ

- 11 -

ング量は $0.05 \mu\text{m}$ 以下であった。

また本実施例における加熱ヒータは電熱ヒータを使用しているが、他の熱源によるヒータの使用を妨げない。

（発明の効果）

本発明の実施により、被エッチング材及び処理ガスに対する最適の温度を広範囲に設定することができ、エッチング処理時間の短縮と、サイドエッチングの抑制に効果が認められ、微細加工における精度向上などに顕著な効果を示した。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る一実施例を示す低温ドライエッチング装置の概要説明図、第2図は本発明に係る他の実施例の概要説明図、第3図は試料台の温度とサイドエッチング量の関係を示す特性図である。

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1…処理室    | 2…試料交換室   |
| 3…ゲートバルブ | 4…処理ガス供給口 |
| 5…リング    | 6…石英カバー   |
| 7…試料台    | 8…被エッチング材 |

- 12 -

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 9…電熱ヒータ      | 10…液体窒素      |
| 11…RF電源      | 12…ヒータ用電源    |
| 13…試料台       | 14…冷却ガス供給口   |
| 15…加熱用ランプ    | 16…石英台       |
| 17…テフロン製台    | 18…温度センサ     |
| 19…温度計       | 20…絶縁物       |
| 21…液化ガス容器    | 22…フィードバック回路 |
| 23…液化ガス供給制御系 | 24…反応ガス開閉制御系 |
| 25…マグネトロン    | 26…導波管       |
| 27…マグネット     | 100…プラズマ     |

代理人 井理士 中村 新之助

特開昭63-115338(5)

図 1

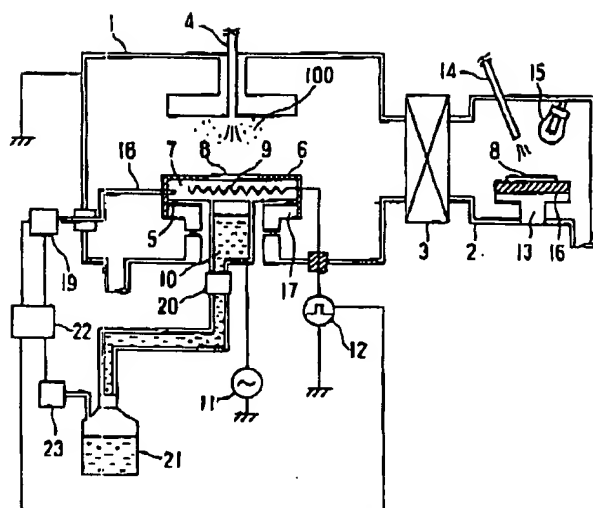


図 2

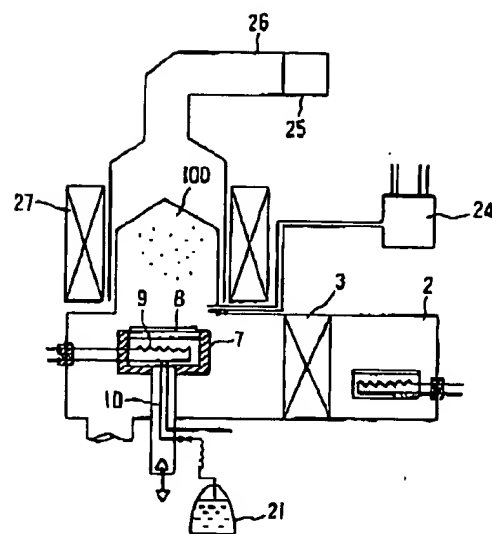


図 3

